

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-20564

(P 2 0 0 0 - 2 0 5 6 4 A)

(43) 公開日 平成12年 1 月 21 日 (2000. 1. 21)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G06F 17/50		G06F 15/60 658	R 2H095
G03F 1/08		G03F 1/08	A 5B046
H01L 21/82		H01L 21/82	T 5F064

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全14頁)

(21) 出願番号 特願平10-182793

(22) 出願日 平成10年 6 月 29 日 (1998. 6. 29)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号

(72) 発明者 小野 祐作

東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 森泉 幸一

東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100082175

弁理士 高田 守 (外 1 名)

F ターム (参考) 2H095 BB01

5B046 AA08 BA06 CA00 FA00 JA02

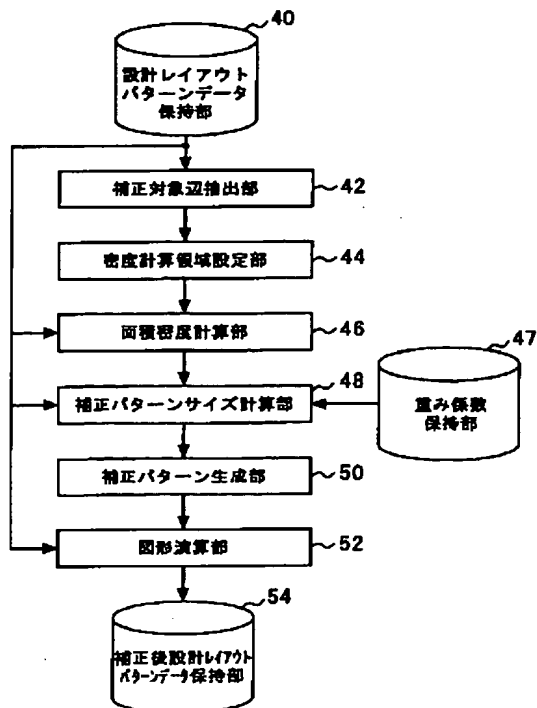
5F064 DD03 FF52 HH10 HH12 HH15

(54) 【発明の名称】 レイアウトパターンデータ補正装置、レイアウトパターンデータ補正方法、その補正方法を用いた半導体装置の製造方法、および、半導体装置の製造プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 本発明は回路のレイアウトパターンデータを補正する装置に関し、パターンが微細化し、回路が高集積化されている状況下で高精度な補正を実現することのできる高精度な補正パターンを生成することを目的とする。

【解決手段】 回路のレイアウトパターンから補正対象辺を抽出する (補正対象辺抽出部 42)。補正対象辺の中心を中心とする密度計算領域を設定する (密度計算領域設定部 44)。密度計算領域における設計パターンの面積密度を計算する (面積密度計算部 46)。面積密度に基づいて、補正対象辺に重なるべき補正パターンのサイズを計算する (補正パターンサイズ計算部 48)。その計算値に従って補正パターンを生成し (補正パターン生成部 50)、その補正パターンを設計レイアウトパターンとを加算して補正済レイアウトパターンを生成する (図形演算部 52)。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回路のレイアウトパターンから、補正が必要な補正対象辺を抽出する補正対象辺抽出手段と、前記補正対象辺上の所定点を中心とする密度計算領域を設定する密度計算領域設定手段と、前記密度計算領域内部におけるレイアウトパターンの面積密度を計算する面積密度計算手段と、前記面積密度に基づいて前記補正対象辺の上に生成すべき補正パターンのサイズを計算する補正パターンサイズ計算手段と、前記補正パターンサイズ計算手段の計算値に従って補正パターンを生成する補正パターン生成手段と、を備えることを特徴とするレイアウトパターンデータ補正装置。

【請求項 2】 補正前のレイアウトパターンと前記補正パターンとに基づいて所定の図形演算を行うことにより、補正済レイアウトパターンデータを取得する図形演算手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載のレイアウトパターンデータ補正装置。

【請求項 3】 前記密度計算領域設定手段は、前記密度計算領域として、同一の中心点を有し、かつ、異なる大きさを有する複数の正多角形を設定する複数領域設定手段を有し、前記密度計算領域設定手段は、前記複数の正多角形のそれぞれについて前記面積密度を計算する複数密度計算手段を有し、前記補正パターンサイズ計算手段は、個々の正多角形について、その大きさに応じて設定される重み係数と、その正多角形に対応する前記面積密度との積を求める乗算手段と、前記乗算手段による計算値を全ての正多角形について加算することにより補正係数を求める補正係数演算手段と、前記補正係数に基づいて前記補正パターンのサイズを計算するサイズ計算手段と、を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のレイアウトパターンデータ補正装置。

【請求項 4】 前記補正パターンは、前記補正対象辺と水平な水平辺および前記補正対象辺と垂直な垂直辺を有する方形のパターンであり、前記水平辺および前記垂直辺は、それぞれ独立に設定されており、かつ、前記補正パターンの中心は、前記補正対象辺の中心と一致していることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項記載のレイアウトパターンデータ補正装置。

【請求項 5】 前記補正対象辺抽出手段は、前記補正パターンの所定辺を更に補正対象辺として抽出することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項記載のレイアウトパターンデータ補正装置。

【請求項 6】 回路のレイアウトパターンから、補正が

必要な補正対象辺を抽出する補正対象辺抽出ステップと、前記補正対象辺上の所定点を中心とする密度計算領域を設定する密度計算領域設定ステップと、前記密度計算領域内部におけるレイアウトパターンの面積密度を計算する面積密度計算ステップと、前記面積密度に基づいて前記補正対象辺の上に生成すべき補正パターンのサイズを計算する補正パターンサイズ計算ステップと、前記補正パターンサイズ計算ステップの計算値に従って補正パターンを生成する補正パターン生成ステップと、を備えることを特徴とするレイアウトパターンデータ補正方法。

【請求項 7】 補正前のレイアウトパターンと前記補正パターンとに基づいて所定の図形演算を行うことにより、補正済レイアウトパターンデータを取得する図形演算ステップを備えることを特徴とする請求項 6 記載のレイアウトパターンデータ補正方法。

【請求項 8】 前記密度計算領域設定ステップは、前記密度計算領域として、同一の中心点を有し、かつ、異なる大きさを有する複数の正多角形を設定する複数領域設定ステップを有し、前記密度計算領域設定ステップは、前記複数の正多角形のそれぞれについて前記面積密度を計算する複数密度計算ステップを有し、前記補正パターンサイズ計算ステップは、個々の正多角形について、その大きさに応じて設定される重み係数と、その正多角形に対応する前記面積密度との積を求める乗算ステップと、前記乗算ステップによる計算値を全ての正多角形について加算することにより補正係数を求める補正係数演算ステップと、前記補正係数に基づいて前記補正パターンのサイズを計算するサイズ計算ステップと、を備えることを特徴とする請求項 6 または 7 記載のレイアウトパターンデータ補正方法。

【請求項 9】 前記補正パターンは、前記補正対象辺と水平な水平辺および前記補正対象辺と垂直な垂直辺を有する方形のパターンであり、前記水平辺および前記垂直辺は、それぞれ独立に設定されており、かつ、前記補正パターンの中心は、前記補正対象辺の中心と一致していることを特徴とする請求項 6 乃至 8 の何れか 1 項記載のレイアウトパターンデータ補正方法。

【請求項 10】 前記補正対象辺抽出ステップは、前記補正パターンの所定辺を更に補正対象辺として抽出することを特徴とする請求項 6 乃至 9 の何れか 1 項記載のレイアウトパターンデータ補正方法。

【請求項 11】 請求項 6 乃至 10 の何れか 1 項記載のレイアウトパターンデータ補正方法が備えるステップ

と、
前記レイアウトパターンデータ補正方法により得られる補正パターンを用いて半導体装置のレイアウトを決定するレイアウト決定ステップと、
を備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 12】 半導体装置の製造プログラムを記録した記録媒体であって、
前記製造プログラムは、コンピュータに、
回路のレイアウトパターンから、補正が必要な補正対象辺を抽出させ、
前記補正対象辺上の所定点を中心とする密度計算領域を設定させ、
前記密度計算領域内部におけるレイアウトパターンの面積密度を計算させ、
前記面積密度に基づいて前記補正対象辺の上に生成すべき補正パターンのサイズを計算させ、
その計算値に従って補正パターンを生成させることを特徴とする記録媒体。

【請求項 13】 前記製造プログラムは、コンピュータに、補正前のレイアウトパターンと前記補正パターンとに基づいて所定の図形演算を実行させることにより補正済レイアウトパターンデータを取得させることを特徴とする請求項 12 記載の記録媒体。

【請求項 14】 前記製造プログラムは、コンピュータに、前記密度計算領域として、同一の中心点を有し、かつ、異なる大きさを有する複数の正多角形を設定させ、前記複数の正多角形のそれぞれについて前記面積密度を計算させ、
個々の正多角形について、その大きさに応じて設定されている重み係数と、その正多角形に対応する前記面積密度との積を演算させ、
その演算値を全ての正多角形について加算させることにより補正係数を求めさせ、更に、
前記補正係数に基づいて前記補正パターンのサイズを計算させることを特徴とする請求項 12 または 13 記載の記録媒体。

【請求項 15】 前記製造プログラムは、コンピュータに、前記補正パターンを、前記補正対象辺と水平な水平辺および前記補正対象辺と垂直な垂直辺を備える方形のパターンに設定させ、
前記水平辺および前記垂直辺を、それぞれ独立に設定させ、かつ、
前記補正パターンの中心を、前記補正対象辺の中心と一致させることを特徴とする請求項 12 乃至 14 の何れか 1 項記載の記録媒体。

【請求項 16】 前記製造プログラムは、コンピュータに、前記補正パターンの所定辺を更に補正対象辺として抽出させることを特徴とする請求項 12 乃至 15 の何れか 1 項記載の記録媒体。

【請求項 17】 前記製造プログラムは、コンピュータ

に、前記補正パターンを用いて半導体装置のレイアウトを設計させることを特徴とする請求項 12 乃至 16 の何れか 1 項記載の記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レイアウトパターンデータの補正装置、レイアウトパターンデータ補正方法、その補正方法を用いた半導体装置の製造方法、および、半導体装置の製造プログラムを記録した記録媒体に係り、特に、半導体装置の製造過程で用いられる光リソグラフィやエッチング等のパターン形成プロセスで生ずるパターン歪みを抑制して寸法精度の向上を図る上で好適な、レイアウトパターンデータ補正装置、レイアウトパターンデータ補正方法、その補正方法を用いた半導体装置の製造方法、および、半導体装置の製造プログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、半導体装置の製造過程においては、光リソグラフィやエッチング等のパターン形成プロセスが行われている。光リソグラフィにより回路パターンの写真製版を行う場合、回路パターンの幅または間隔が、露光する光の波長に近くなるにつれて、光近接効果の影響、すなわち、光の干渉に起因してパターン形状に誤差が生ずる現象の影響が大きくなる。また、エッチングプロセスの過程で生ずる寸法変動は、パターンの粗密差が大きくなるに連れて増大する。このため、その寸法変動も、パターンの微細化が進み回路のパターン間隔が接近するにつれて大きくなる。

【0003】 パターンの微細化に伴う寸法変動の問題は、ウェハプロセスの改良のみで解決することが困難である。このため、上記の問題は一般にレイアウトパターンに補正を施すことで対処されている。レイアウトパターンを補正する方法としては、パターン形成プロセスのシミュレーションを行い、その結果に基づいてパターンの補正を行う方法と、予め設定されたルールに従ってパターンの補正を行うルールベースパターン補正とが知られている。

【0004】 シミュレーションを行ってレイアウトパターンを補正する手法によれば、高精度な補正を行うことができる。しかし、この手法は、膨大な処理時間を要することからルールベースパターン補正に比して実用性に欠けている。一方、ルールベースパターン補正は、複雑な計算処理が不要であることから高速処理が可能であるという利点を有する反面、レイアウトパターンに高精度な補正を施すことが困難であるという欠点を有している。

【0005】 以下、図 15 乃至図 19 を参照して、従来のルールベースパターン補正の内容について説明する。図 15 は、半導体装置の金属配線の設計レイアウトパターンの一例を示す。図 15 に示す設計レイアウトパター

は、1本の太線パターン10と、4本の細線パターン12~18を備えている。細線パターン14~18は、太線パターン10の近傍に配置されている。また、細線パターン12は、太線パターン10から僅かに離れた位置に配置されている。

【0006】図15に示す設計レイアウトパターンを半導体プロセスにより形成する場合、光リソグラフィやエッチングに起因するパターン歪みは、特に細線パターン12~18の端部において発生し易い。このため、設計レイアウトパターンを精度良く実現するためには、細線

パターン12~18の端部に補正を施すことが適切である。

【0007】図16は、光リソグラフィ用のマスク描画データを作成する過程で、細線パターン12~18の端部が補正の必要な辺として、すなわち、補正対象辺20~27として抽出された状態を示す。従来のルールベースパターン補正においては、パターン歪みを相殺するために、マスクの原稿を作成する段階で、補正対象辺20~27について所定の補正が施される。

【0008】図17は、補正対象辺24を中心軸とする補正パターン28の一例を示す。補正パターン28は、補正対象辺24を垂直方向および水平方向に、所定長さだけ拡張することで形成されたパターンである。従来のルールベースパターン補正においては、抽出された全ての補正対象辺20~27について、等しく図17に示す補正パターンが形成される。

【0009】図18は、マスク描画データを作成する過程で、設計レイアウトパターンに、補正パターン20を加算すること、すなわち、設計レイアウトパターンと補正パターン20とを対象としてOR演算を行うことにより得られる補正済レイアウトパターンを示す。従来のルールベースパターン補正においては、図18に示す補正済レイアウトパターンに基づいて光リソグラフィ用のマスクが作成される。

【0010】このように、従来のルールベースパターン補正によれば、比較的簡単な処理により、光リソグラフィやエッチングに起因するパターン歪みの影響を考慮したマスクを作成することができる。以後、そのマスクを用いて補正済レイアウトパターンを半導体ウエハ上に転写し、更に、エッチング等の処理を実行することにより、半導体ウエハ上に、パターン歪みの影響を抑制した金属配線パターンを形成することができる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】光リソグラフィにおける光近接効果の影響や、エッチングにおけるローディング効果は、パターンの密度に応じて変化する。特に、パターンが微細化し、回路が高集積化されている場合は、その変化が顕著に現れ易くなる。このため、パターンが微細化してレイアウトパターンが高密度化すると、パターンの粗密に応じて不均一なパターン歪みが生じ易くな

る。

【0012】図19は、従来のルールベースパターン補正の手法を用いて形成された金属配線の平面図を示す。従来のルールベースパターン補正では、上述の如く、抽出される全ての補正対象辺20~27について均一な補正が施される。このため、高密度に配置された金属配線が上記の手法で形成される場合は、一部の補正対象辺については、過補が過度となり、その結果、図19に示す如く、金属配線の一部に歪み部30~34が形成される事態が生ずる。このように、従来のルールベースパターン補正は、特に、パターンが微細化し、回路が高集積化されるに連れて、高精度な補正の実現が困難になるという問題を有していた。

【0013】本発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、パターンが微細化し、回路が高集積化されている場合に、高精度な補正パターンを生成することのできるレイアウトパターンデータ補正装置を提供することを第1の目的とする。また、本発明は、パターンが微細化し、回路が高集積化されている場合に、高密度な補正パターンを生成することのできるレイアウトパターンデータ補正方法を提供することを第2の目的とする。

【0014】また、本発明は、上記の補正方法を用いた半導体装置の製造方法を提供することを第3の目的とする。更に、本発明は、パターンが微細化し、回路が高集積化されている場合に、コンピュータに高精度な補正パターンを生成させるためのプログラムを記録した記録媒体を提供することを第4の目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係るレイアウトパターンデータ補正装置は、回路のレイアウトパターンから、補正が必要な補正対象辺を抽出する補正対象辺抽出手段と、前記補正対象辺上の所定点を中心とする密度計算領域を設定する密度計算領域設定手段と、前記密度計算領域内部におけるレイアウトパターンの面積密度を計算する面積密度計算手段と、前記面積密度に基づいて前記補正対象辺の上に生成すべき補正パターンのサイズを計算する補正パターンサイズ計算手段と、前記補正パターンサイズ計算手段の計算値に従って補正パターンを生成する補正パターン生成手段と、を備えることを特徴とするものである。

【0016】本発明の請求項2に係るレイアウトパターンデータ補正装置は、補正前のレイアウトパターンと前記補正パターンとに基づいて所定の図形演算を行うことにより、補正済レイアウトパターンデータを取得する図形演算手段を備えることを特徴とするものである。

【0017】本発明の請求項3に係るレイアウトパターンデータ補正装置は、前記密度計算領域設定手段が、前記密度計算領域として、同一の中心点を有し、かつ、異なる大きさを有する複数の正多角形を設定する複数領域

設定手段を有し、前記密度計算領域設定手段が、前記複数の正多角形のそれぞれについて前記面積密度を計算する複数密度計算手段を有し、前記補正パターンサイズ計算手段が、個々の正多角形について、その大きさに応じて設定される重み係数と、その正多角形に対応する前記面積密度との積を求める乗算手段と、前記乗算手段による計算値を全ての正多角形について加算することにより補正係数を求める補正係数演算手段と、前記補正係数に基づいて前記補正パターンのサイズを計算するサイズ計算手段と、を備えることを特徴とするものである。

【0018】本発明の請求項4に係るレイアウトパターンデータ補正装置は、前記補正パターンが、前記補正対象辺と水平な水平辺および前記補正対象辺と垂直な垂直辺を有する方形のパターンであり、前記水平辺および前記垂直辺が、それぞれ独立に設定されており、かつ、前記補正パターンの中心が、前記補正対象辺の中心と一致していることを特徴とするものである。

【0019】本発明の請求項5に係るレイアウトパターンデータ補正装置は、前記補正対象辺抽出手段が、前記補正パターンの所定辺を更に補正対象辺として抽出することを特徴とするものである。

【0020】本発明の請求項6に係るレイアウトパターンデータ補正方法は、回路のレイアウトパターンから、補正が必要な補正対象辺を抽出する補正対象辺抽出ステップと、前記補正対象辺上の所定点を中心とする密度計算領域を設定する密度計算領域設定ステップと、前記密度計算領域内部におけるレイアウトパターンの面積密度を計算する面積密度計算ステップと、前記面積密度に基づいて前記補正対象辺の上に生成すべき補正パターンのサイズを計算する補正パターンサイズ計算ステップと、前記補正パターンサイズ計算ステップの計算値に従って補正パターンを生成する補正パターン生成ステップと、を備えることを特徴とするものである。

【0021】本発明の請求項7に係るレイアウトパターンデータ補正方法は、補正前のレイアウトパターンと前記補正パターンとに基づいて所定の図形演算を行うことにより、補正済レイアウトパターンデータを取得する図形演算ステップを備えることを特徴とするものである。

【0022】本発明の請求項8に係るレイアウトパターンデータ補正方法は、前記密度計算領域設定ステップが、前記密度計算領域として、同一の中心点を有し、かつ、異なる大きさを有する複数の正多角形を設定する複数領域設定ステップを有し、前記密度計算領域設定ステップが、前記複数の正多角形のそれぞれについて前記面積密度を計算する複数密度計算ステップを有し、前記補正パターンサイズ計算ステップが、個々の正多角形について、その大きさに応じて設定される重み係数と、その正多角形に対応する前記面積密度との積を求める乗算ステップと、前記乗算ステップによる計算値を全ての正多角形について加算することにより補正係数を求める補正

係数演算ステップと、前記補正係数に基づいて前記補正パターンのサイズを計算するサイズ計算ステップと、を備えることを特徴とするものである。

【0023】本発明の請求項9に係るレイアウトパターンデータ補正方法は、前記補正パターンが、前記補正対象辺と水平な水平辺および前記補正対象辺と垂直な垂直辺を有する方形のパターンであり、前記水平辺および前記垂直辺が、それぞれ独立に設定されており、かつ、前記補正パターンの中心が、前記補正対象辺の中心と一致していることを特徴とするものである。

【0024】本発明の請求項10に係るレイアウトパターンデータ補正方法は、前記補正対象辺抽出ステップが、前記補正パターンの所定辺を更に補正対象辺として抽出することを特徴とするものである。

【0025】本発明の請求項11に係る半導体装置の製造方法は、請求項6乃至10の何れか1項記載のレイアウトパターンデータ補正方法が備えるステップと、前記レイアウトパターンデータ補正方法により得られる補正パターンを用いて半導体装置のレイアウトを決定するレイアウト決定ステップと、を備えることを特徴とするものである。

【0026】本発明の請求項12に係る記録媒体は、半導体装置の製造プログラムを記録した記録媒体であって、前記製造プログラムが、コンピュータに、回路のレイアウトパターンから、補正が必要な補正対象辺を抽出させ、前記補正対象辺上の所定点を中心とする密度計算領域を設定させ、前記密度計算領域内部におけるレイアウトパターンの面積密度を計算させ、前記面積密度に基づいて前記補正対象辺の上に生成すべき補正パターンのサイズを計算させ、その計算値に従って補正パターンを生成させることを特徴とするものである。

【0027】本発明の請求項13に係る記録媒体は、前記製造プログラムが、コンピュータに、補正前のレイアウトパターンと前記補正パターンとに基づいて所定の図形演算を実行させることにより補正済レイアウトパターンデータを取得させることを特徴とするものである。

【0028】本発明の請求項14に係る記録媒体は、前記製造プログラムが、コンピュータに、前記密度計算領域として、同一の中心点を有し、かつ、異なる大きさを有する複数の正多角形を設定させ、前記複数の正多角形のそれぞれについて前記面積密度を計算させ、個々の正多角形について、その大きさに応じて設定されている重み係数と、その正多角形に対応する前記面積密度との積を演算させ、その演算値を全ての正多角形について加算させることにより補正係数を求めさせ、更に、前記補正係数に基づいて前記補正パターンのサイズを計算させることを特徴とするものである。

【0029】本発明の請求項15に係る記録媒体は、前記製造プログラムが、コンピュータに、前記補正パターンを、前記補正対象辺と水平な水平辺および前記補正対

10

20

30

40

50

象辺と垂直な垂直辺を備える方形のパターンに設定させ、前記水平辺および前記垂直辺を、それぞれ独立に設定させ、かつ、前記補正パターンの中心を、前記補正対象辺の中心と一致させることを特徴とするものである。

【0030】本発明の請求項16に係る記憶媒体は、前記製造プログラムが、コンピュータに、前記補正パターンの所定辺を更に補正対象辺として抽出させることを特徴とするものである。

【0031】本発明の請求項17に係る記録媒体は、前記製造プログラムが、コンピュータに、前記補正パターンを用いて半導体装置のレイアウトを設計させることを特徴とするものである。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照してこの発明の実施の形態について説明する。尚、各図において共通する要素には、同一の符号を付して重複する説明を省略する。

【0033】実施の形態1. 図1は、本発明の実施の形態1のレイアウトパターンデータ補正装置のブロック構成図を示す。図1に示す構成は、公知のコンピュータシステムを用いて実現することができる。

【0034】図1に示す如く、本実施形態の補正装置は、設計レイアウトパターンデータ保持部40（以下、補正前データ保持部40と称す）を備えている。補正前データ保持部40には、半導体装置の製造過程で実現すべき回路のレイアウトパターンに関するデータ、具体的には、形成すべき金属配線のサイズ、形状、および、配置等に関するデータが保持されている。

【0035】補正前データ保持部40が保持する設計レイアウトパターンデータは、補正対象辺抽出部42に供給される。半導体装置の金属配線を光リソグラフィやエッチング等の半導体プロセスで形成する場合、細線パターンの長手方向の端面（以下、長手端面と称す）は、幅方向の端面（以下、幅端面と称す）に比して多量にエッチングされ易い。このため、金属配線を精度良く形成するためには、細線パターンの長手端面に、オーバエッチングを相殺するための補正パターンを形成しておくことが有効である。補正対象辺抽出部42は、レイアウトパターンデータに基づいて、全ての金属配線の辺の中から、上記の如く補正パターンを形成することが適切であると判断される辺を抽出し、その辺を補正対象辺として記憶する。

【0036】補正対象辺抽出部42によって抽出された補正対象辺に関する情報は、密度計算領域設定部44に供給される。密度計算領域44は、抽出された全ての補正対象辺のそれぞれについて密度計算領域を設定する。本実施形態において、密度計算領域設定部44は、後述の如く、個々の補正対象辺に関して、補正対象辺の中心を中心点とし、かつ、大きさの異なる複数の密度計算領域を設定する。

【0037】密度計算領域設定部44で設定された密度計算領域に関する情報は、面積密度計算部46に供給される。面積密度計算部46には、密度計算領域に関する情報と共に、設計レイアウトパターンに関するデータが供給されている。面積密度計算部46は、これら2つの情報に基づいて、個々の密度計算領域の内部で、設計パターンが占める割合、すなわち、密度計算領域内部における設計パターンの面積密度を計算する。

【0038】面積密度計算部46によって計算された面積密度に関する情報は、補正パターンサイズ計算部48に供給される。補正パターンサイズ計算部48には、面積密度に関する情報と共に、設計レイアウトパターンに関するデータが供給されている。補正パターンサイズ計算部48には、更に、重み係数保持部49から、重み係数に関する情報が供給されている。

【0039】上述の如く、本実施形態においては、個々の補正対象辺に対して大きさの異なる複数の密度計算領域が設定され、かつ、それぞれの密度計算領域に対して面積密度が計算されている。重み係数保持部49に記憶される重み係数は、大きさの異なる密度計算領域のそれぞれについて予め設定された係数である。重み係数は、個々の密度計算領域に関する面積密度がパターン歪みに与える影響の大きさを表すように設定されている。尚、重み係数については、後に詳細に説明する。

【0040】補正パターンサイズ計算部48は、上述した3つの情報、具体的には、(1)設計レイアウトパターンデータに含まれる個々の補正対象辺の長さ(設計パターンの幅)に関する情報、(2)その補正対象辺に関する面積密度に関する情報、および、(3)その補正対象辺に関する個々の面積密度に関する重み係数等に基づいて、その補正対象辺に加えるべき補正パターンの縦寸法および横寸法を計算する。

【0041】補正パターンサイズ計算部48によって計算された補正パターンのサイズは、補正パターン生成部50に供給される。補正パターン生成部50では、上記の如く供給されるサイズに応じて補正パターンを計算する処理が実行される。補正パターン生成部50で生成される補正パターンに関する情報は、図形演算部52に供給される。

【0042】図形演算部52には、補正パターンにかんする情報と共に、設計レイアウトパターンにかんする情報が供給されている。図形演算部52は、補正パターンと設計レイアウトパターンとを対象として加算演算、すなわち、OR演算を行うことにより、両者が重なりあったレイアウトパターンを生成する。以下、そのレイアウトパターンを補正済レイアウトパターンと称す。

【0043】図形演算部52により生成される補正済レイアウトパターンに関する情報は補正後設計レイアウトパターンデータ保持部54（以下、補正後データ保持部54と称す）に保持される。以後、補正後データ保持部

54に保持される補正後レイアウトパターンデータに基づいてマスクが作成され、そのマスクを用いて光リソグラフィが実行され、更に、その後エッチング等の処理が行われることにより所望の金属配線の形成が行われる。

【0044】以下、図15および図16と共に図2乃至図8を参照して、上記図15に示す設計レイアウトパターンが設定された場合における本実施形態のレイアウトパターンデータ補正装置の動作について説明する。図2は、本実施形態の補正装置が補正済レイアウトパターンデータを取得するために実行する一連の処理のフローチャートを示す。図2に示す一連の処理においては、先ずステップ60の処理が実行される。

【0045】ステップ60では、補正前データ保持部40に保持されている設計レイアウトパターンデータに基づいて、補正対象辺を抽出する処理が実行される。設計レイアウトパターンが図15に示すパターンである場合、本ステップ60の処理が実行されることにより、図16に示す辺20～27が補正対象辺として抽出される。本実施形態においては、上記の処理が実行されることにより図1に示す補正対象辺抽出部42が実現される。

【0046】ステップ62では、抽出された全ての補正対象辺の中から今回の処理サイクルにおいて処理の対象とする辺（以下、処理対象辺と称す）が選択される。処理対象辺は、本ステップ62が実行される毎に適宜異なる補正対象辺に変更される。

【0047】ステップ64では、処理対象辺に対して密度計算領域を設定する処理が実行される。本実施形態においては、全ての補正対象辺について上記の処理が実行されることにより、図1に示す密度計算領域設定部44が実現される。

【0048】図3は、補正対象辺24が処理対象辺である場合に、本ステップ64の処理により設定される2つの密度計算領域66、68を示す。図3に示す如く、本実施形態においては、個々の処理対象辺に対して大きさの異なる2つの密度計算領域66、68を設定する。

【0049】本実施形態の補正装置は、太線パターン10や細線パターン12～18の大きさや形状、および、補正対象辺20～27の長さや位置を、座標データにより把握する。同様に、本実施形態の補正装置は、密度計算領域66、68の位置および形状等も、座標データにより把握する。本実施形態において、密度計算領域66、68は、それぞれ、処理対象辺の中心に中心点を有し、かつ、所定の半径を有する円と概略一致する正多角形状を有している。

【0050】正多角形の角数は、密度計算領域66、68をほぼ円形とみなすことができ、すなわち、密度計算領域66、68が処理対象辺の中心周りに均一な広がり

ような適当な数に設定されている。尚、1つの補正対象辺に対する密度計算領域の数は、2つの限定されるものではなく、その数は1つ、或いは、3つ以上であっても良い。

【0051】上記の如く、処理対象辺に対して密度計算領域66、68が設定されると、図3に示す如く、次にステップ70の処理が実行される。ステップ70では、設定された全ての密度計算領域66、68のそれぞれについて、設計パターンが占める割合、すなわち、設計パターンの面積密度が演算される。本実施形態においては、全ての補正対象辺について上記の処理が実行されることにより図1に示す面積密度計算部46が実現される。

【0052】図4（A）、（B）は、それぞれ密度計算領域66、68の内部に存在する設計パターンを抽出して表した図を示す。図4（A）に示す如く、密度計算領域66の内部には、細線パターン16の先端部と、太線パターン10の一部とが含まれている。一方、密度計算領域68の内部には、図4（B）に示す如く、細線パターン16の先端部、細線パターン14、18の角部、および、太線パターン10の一部が含まれている。

【0053】本実施形態の補正装置は、設計レイアウトパターンに関するデータと、密度計算領域66、68に関するデータとに基づいて、密度計算領域66、68の面積A1、A2と、それらの内部に含まれる設計パターンの面積の総和P1、P2とを求めることができる。上記ステップ70では、それらの面積値を次式に代入することにより面積密度特性値D1、D2が計算される。

$$D1 = P1 / A1$$

$$D2 = P2 / A2$$

【0054】上記の如く、全ての密度計算領域66、68について面積密度特性値D1、D2が演算されると、図3に示す如く、次にステップ72の処理が実行される。ステップ72では、処理対象辺に対する補正係数Sが演算される。補正係数Sは、設計パターンの粗密差により発生するパターン歪みを補正するために用いられる係数である。本実施形態において、補正係数Sは、上述した面積密度特性値D1、D2と、重み係数W1、W2（W1>W2）とに基づいて、次式の如く演算される。

$$S = D1 * W1 + D2 * W2$$

【0055】補正対象辺20～27の近傍に生ずるパターン歪みの大きさは、補正対象辺20～27の近傍に他のパターンが存在するほど、すなわち、補正対象辺20～27の近傍に高密度にパターンがレイアウトされる程大きくなる。このため、半径の小さな密度計算領域66内の面積密度は、半径の大きな密度計算領域68内の面積密度に比して、補正対象辺20～27に生ずるパターン歪みの大きさに大きく影響する。

【0056】上記ステップ72で用いられる重み係数W1、W2は、上記の影響度の差を補正係数Sに反映させ

るために、密度計算領域 66、68 のそれぞれに対して予め設定されている係数である。従って、上記ステップ 72 の処理によれば、補正係数 S に、個々の補正対象辺が周囲のパターンから受ける影響の大きさを正確に反映させることができる。

【0057】ステップ 74 では、上記の補正係数 S に基づいて補正パターンのサイズが決定される。本実施形態において、補正パターンの形状は方形に定められている。そして、本実施形態の補正装置には、方形の補正パターンの縦寸法および横寸法を決定するための規則が、別個独立に記憶されている。尚、上記の規則は、実験的に、または、シミュレーションにより予め設定されている規則である。

【0058】上記ステップ 74 では、上記の規則に従って、処理対象辺の幅や、上記の補正係数 S をパラメータとして、補正パターンの縦寸法および横寸法を、それぞれ適当なサイズに決定する。本実施形態においては、補正パターンのサイズは、パターン密度が高いほど、すなわち、補正係数 S が大きいほど小さなサイズに決定される。尚、本実施形態においては、上記ステップ 72 および 74 の処理が、全ての補正対象辺について実行されることにより、図 1 に示す補正パターンサイズ計算部 48 が実現される。

【0059】ステップ 76 では、上記ステップ 74 で決定された縦寸法および横寸法を用いて補正パターンを生成する処理が行われる。尚、本実施形態においては、上記の処理が実行されることにより、上位図 1 に示す補正パターン生成部 76 が実現される。

【0060】図 5 は、上記ステップ 76 の処理により生成される補正パターン 77 を示す。図 5 に示す如く、本実施形態において、補正パターン 77 の座標は、補正パターン 77 の中心軸が処理対象辺 24 と一致するように決定される。また、本実施形態において、補正パターン 77 のサイズは、補正対象辺 24 を縦方向に $2 * L1$ だけ拡張し、かつ、幅方向に $2 * L2$ だけ拡張した大きさとされている。

【0061】上述の如く、本実施形態の補正装置によれば、予め設定されている規則と、補正係数 S 等のパラメータとを用いて、パターン密度の差に起因するパターン歪みを抑制するうえで好適な補正パターンを容易に生成することができる。従って、本実施形態の補正装置によれば、パターンが微細化し、回路が高集積化されている場合に、所望の金属配線を形成する上で必要な補正を、容易かつ高精度に行うことができる。

【0062】更に、本実施形態の補正装置は、上記の如く、補正パターンの縦寸法と横寸法とを別個独立に設定すると共に、補正パターンの座標を、補正パターンの中心線と補正対象辺とが一致するように設定している。補正対象辺の周囲において金属配線を高精度に形成するためには、補正パターンの縦横比に関して設計上の自由度

が残されていることが好ましいと共に、補正パターンの中心線が補正対象辺と一致していることが望ましい。上記の構成によれば、これら 2 つの要求を共に満たすことができる。このため、本実施形態の補正装置によれば、個々の補正対象辺 20 ~ 27 の周囲に、高い精度で金属配線を形成することが可能となる。

【0063】ステップ 78 では、全ての補正対象辺について、上述した一連の処理が実行されたか否かが判別される。その結果、未だ全ての補正対象辺について上記の処理が実行されていないと判別される場合は、再び上記ステップ 62 の処理が実行される。一方、既に全ての補正対象辺について処理が実行されていると判別される場合は、次にステップ 80 の処理が実行される。

【0064】ステップ 80 では、補正前のレイアウトパターンと、上記ステップ 76 で生成された補正パターンとを対象として所定の図形演算を行うことにより、すなわち、両者を加算する図形演算を行うことにより、補正済レイアウトパターンが生成される。上記の処理により補正パターン 77 ~ 84 と補正前のレイアウトパターンとの図形演算を自動的に行うことによれば、両者の位置合わせを正確かつ容易に行うことができる。このため、本実施形態の補正装置によれば、補正済レイアウトパターンを生成する過程で補正精度が悪化するのを確実に防止することができる。

【0065】上記ステップ 80 の処理が終了すると、補正済レイアウトパターンのデータが補正後データ保持部 54 (図 1 参照) に格納された後、一連の処理が終了される。本実施形態においては、上記ステップ 80 の処理が実行されることにより図 1 に示す図形演算部 52 が実現される。

【0066】図 6 は、図 2 に示す一連の処理により生成された補正済レイアウトパターンを示す。図 6 において、設計パターンに対するオーバーサイジング量は、面積密度が最も高い補正パターン 77 において最小に、一方、面積密度が最も小さい補正パターン 82 において最大に設定されている。このように、本実施形態の補正装置によれば、個々の補正対象辺に対して、パターン密度を考慮した補正を施すことができる。

【0067】図 7 は、上記図 6 に示す補正済レイアウトパターンのデータを用いて生成されたマスク描画データを示す。図 7 に示すマスク描画データは、補正済レイアウトパターンに含まれる個々のパターンに対応するパターン 90 ~ 98 を備えている。以後、図 7 に示すマスク描画データで作成したマスクを用いて光リソグラフィを実行し、更に、エッチング等の処理を行うことにより、半導体ウェハ上に所望の金属配線を形成することができる。

【0068】図 8 中に実線で示す形状は、図 7 に示すマスク描画データで作成したマスクを用いた半導体プロセスにより形成される金属配線の外形を示す。また、図 8

10

20

30

40

50

中に波線で示す形状は、設計レイアウトパターンを示す。図8に示す如く、図7に示すマスク描画データで作成したマスクによれば、設計レイアウトパターンが備える太線パターン10および細線パターン12~18と精度良く対応する金属配線100~108を形成することができる。このように、本実施形態の補正装置によれば、設計パターンの密度に影響されることなく、個々の補正対象辺に過不足のない適当な補正を施すことができる。このため、本実施形態の補正装置によれば、設計パターンが微細化し、回路が高密度化されている場合であ

っても、全ての回路パターンを対象とする高精度な歪み補正を実現することができる。

【0069】尚、上記の実施形態においては、密度計算領域設定部44が複数の密度計算領域66、68を設定することにより前記請求項3記載の「複数領域設定手段」が、面積密度計算部46が複数の面積密度特性値D1、D2を計算することにより前記請求項3記載の「複数密度計算手段」がそれぞれ実現されている。また、上記の実施形態においては、補正パターンサイズ計算手段48が、重み係数W1、W2と面積密度特性値D1、D2との積を求めることにより前記請求項3記載の「乗算手段」が、それら2つの乗算値を加算することにより前記請求項3記載の「補正係数演算手段」が、更に、補正係数Sを用いて補正パターンの縦寸法および横寸法を計算することにより前記請求項3記載の「サイズ計算手段」が、それぞれ実現されている。

【0070】実施の形態2。次に、図9乃至図11を参照して、本発明の実施の形態2について説明する。本実施形態のレイアウトパターンデータ補正装置は、実施の形態1の場合と同様のシステム構成を有している。本実施形態の補正装置は、上記図2に示す個々のステップにおいて、後述する処理を実行させることにより実現される。

【0071】図9は、本実施形態において補正の対象とされるレイアウトパターンを示す。図9に示すレイアウトパターンは、複数の細線パターンを有するパターン10を備えている。複数の細線パターンの長手端面には、実施の形態1と同様の手法で得られた補正パターン77、82、84、87が加算されている。パターン110の、細線パターン間には凹部が形成されている。

【0072】半導体回路における凹部は、エッチングされ難い部分である。従って、回路の金属配線を精度良く形成するためには、凹部に対してエッチングの不足を補うための補正を施すことが有効である。本実施形態において、図2に示すステップ60では、上記の要求を満たすため、細線パターンの長手端面と共に、幅の狭い凹部の底面が補正対象辺112、114として抽出される。

【0073】本実施形態において、図2に示すステップ64では、補正対象辺112、114のそれぞれに対して、実施の形態1の場合と同様に密度計算領域が設定さ

れる。以下、個々の補正対象辺112、114に対してk個の密度計算領域が設定される場合について説明する。

【0074】本実施形態の補正装置は、個々の密度計算領域の面積 A_n ($n=1\sim k$)を求めることができると共に、それらの内部に存在する設計パターンの面積の総和 P_n ($n=1\sim k$)を求めることができる。本実施形態において、図2に示すステップ70では、それらの計算値 A_n 、 P_n を次式に代入することで、個々の密度計算領域における面積密度特性値 D_k が演算される。

$$D_n = 1 - (P_n / A_n)$$

【0075】上記の演算式によれば、設計パターンの面積密度が高くなるに連れて面積密度特性値 D_n が小さな値となる。図2に示すステップ72では、上記の如く計算される面積密度特性値 D_n と、予め設定されている重み係数 W_n とを用いて実施の形態1の場合と同様の手法で補正係数Sを演算する ($S = D_1 * W_1 + \dots + D_k * W_k$)。

【0076】また、図2に示すステップ74では、実施の形態1の場合と同様の手法で、補正パターンのサイズが決定される。本実施形態においては、上記の処理が実行されることにより、設計パターンの面積密度が高くなるほど（その結果、補正係数Sが小さくなるほど）補正パターンのサイズが大きなサイズに決定される。

【0077】本実施形態において、図2に示すステップ80では、設計レイアウトパターンから補正パターンを削除する図形演算、すなわち、設計レイアウトパターンから補正パターンを減算する図形演算が実行される。本実施形態においては、上記の処理が実行されることにより補正済レイアウトパターンが形成される。

【0078】図10は、本実施形態において生成された補正済レイアウトパターンのデータを用いて作成したマスク描画データを示す。図10に示すマスク描画データは、補正済レイアウトパターンに対応するパターン116、118を備えている。パターン118は、補正対象辺112、118に対応する位置に切り欠き部120、122を備えている。

【0079】図11中に実線で示す形状は、図10に示すマスク描画データで作成したマスクを用いた半導体プロセスにより形成される金属配線の外形を示す。また、図11中に波線で示す形状は、設計レイアウトパターンを示す。図11に示す如く、図10に示すマスク描画データで作成したマスクによれば、設計レイアウトパターンが備える太線パターン10およびパターン110と精度良く対応する金属配線124~126を形成することができる。このように、本実施形態の補正装置によれば、設計レイアウトパターンに凹部が含まれる場合にも、全ての回路パターンを対象とする高精度な歪み補正を実現することができる。

【0080】実施の形態3。次に、図12乃至図14を

参照して、本発明の実施の形態 3 について説明する。本実施形態のレイアウトパターンデータ補正装置は、実施の形態 1 の場合と同様のシステム構成を有している。本実施形態の補正装置は、上記図 2 に示す個々のステップにおいて、後述する処理を実行させることにより実現される。

【0081】図 12 は、本実施形態において補正の対象とされるレイアウトパターンを示す。図 12 に示す如く、本実施形態において補正の対象とされるレイアウトパターンは、実施の形態 1 により得られる補正済レイアウトパターン（図 6）と一致している。すなわち、本実施形態の補正装置は、実施の形態 1 と同様の手法で得られた補正済レイアウトパターンに、更に補正を施す点に特徴を有している。

【0082】本実施形態において、図 2 に示すステップ 60 では、補正パターン 77、82～88 の長手端面が補正対象辺として抽出される。以下、上記の処理により抽出された補正対象辺を第 2 補正対象辺と称す。ステップ 62 では、第 2 補正対象辺の中から処理対象辺が選択される。次いで、ステップ 64 では、処理対象辺として選択された第 2 補正対象辺に対して密度計算領域 66、68 が設定される。

【0083】図 12 は、補正パターン 84 が備える第 2 補正対象辺 127 が処理対象辺として選択された場合に、その第 2 補正対象辺 127 に対して密度計算領域 66、68 が設定された状態を示す。本実施形態の補正装置は、以後、実施の形態 1 の場合と同様の処理を行うことにより、全ての第 2 補正対象辺に対する補正パターンを生成し、それらの補正パターンと図 12 に示すレイアウトパターンとを重ねることにより、補正済レイアウトパターンを生成する。

【0084】図 13 は、上記の処理により生成される補正済レイアウトパターンに対応して作成されたマスク描画データを示す。図 13 に示すマスク描画データには、長手端面に補正パターンを備え、更に、補正パターンの長手端面に補正パターンを備えるパターン 128～134 が形成されている。

【0085】図 14 中に実線で示す形状は、図 13 に示すマスク描画データで作成したマスクを用いた半導体プロセスにより形成される金属配線の外形を示す。また、図 14 中に波線で示す形状は、設計レイアウトパターンを示す。図 14 に示す如く、図 13 に示すマスク描画データで作成したマスクによれば、パターン歪みを十分に抑制して、設計レイアウトパターンと良好に一致する金属配線を形成することができる。従って、本実施形態の補正装置によれば、設計パターンが微細化し、回路が高集積化されている場合であっても、パターンの密度の相違に影響されることなく、正確の所望の金属パターンを実現することができる。

【0086】

【発明の効果】この発明は以上説明したように構成されているので、以下に示すような効果を奏する。請求項 1、6 または 12 記載の発明によれば、レイアウトパターンに含まれる個々の補正対象辺について、パターン密度を考慮して補正パターンの大きさを決めることができる。このため、本発明によれば、パターンが微細化し、回路が高集積化されている場合に、パターン密度の相違に起因するパターン歪みを有効に抑制する補正パターンを精度良く生成することができる。

【0087】請求項 2、7 または 13 記載の発明によれば、補正前のレイアウトパターンと補正パターンとを対象として図形演算を行うことにより、補正済レイアウトパターンデータを、容易かつ精度良く生成することができる。

【0088】請求項 3、8 または 14 記載の発明によれば、複数の密度計算領域を設定することにより、補正対象辺の置かれた位置の密度を合理的に計算することができる。このため、本発明によれば、個々の補正対象辺に関する密度を精度良く計算して、補正パターンの精度を高めることができる。

【0089】請求項 4、9 または 15 記載の発明によれば、個々の補正対象辺に関して、補正対象辺を中心線とし、任意の縦横比を有する方形の補正パターンを形成することができる。補正対象辺の周囲において高精度にパターンを形成するためには、補正パターンの中心線が補正対象辺と一致していることが好ましいと共に、補正パターンの縦横比に関して設計上の自由度が残されていることが望ましい。本発明によれば、これら 2 つの要求を共に満たすことができる。このため、本発明によれば、個々の補正対象辺の周囲に、高い精度でパターンを形成することが可能となる。

【0090】請求項 5、10 または 16 記載の発明によれば、補正パターンの所定辺が更に補正対象辺として抽出される。従って、本発明によれば、補正パターンの端部に更に補正パターンが重ねることができる。このため、本発明によれば、補正対象辺の周囲における補正精度を更に高めることができる。

【0091】請求項 11 または 17 記載の発明によれば、精度良く生成した補正パターンを利用して半導体装置をレイアウトパターンを設計することができる。このため、本発明によれば、微細な回路パターンを有する半導体装置を、高い歩留まりで製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 のレイアウトパターンデータ補正装置のブロック図である。

【図 2】 実施の形態 1 の補正装置により実行される一連の処理のフローチャートである。

【図 3】 実施の形態 1 の補正装置により生成される密度計算領域を表す図である。

【図 4】 図 4 (A) は、図 3 に示す一方の密度計算領域

の内部に存在する設計パターンを示す。図4(B)は、図3に示す他方の密度計算領域の内部に存在する設計パターンを示す。

【図5】 実施の形態1の補正装置により生成される補正パターンの一例を示す図である。

【図6】 実施の形態1の補正装置により生成される補正後レイアウトパターンを示す図である。

【図7】 図6に示す補正後レイアウトパターンのデータを用いて作成されるマスク描画データである。

【図8】 図7に示すマスク描画データを用いて形成さ 10 れる金属配線の1例を示す図である。

【図9】 実施の形態2で補正の対象とされるレイアウトパターンを示す図である。

【図10】 図9に示す補正後レイアウトパターンのデータを用いて作成されるマスク描画データである。

【図11】 図10に示すマスク描画データを用いて形成される金属配線の1例を示す図である。

【図12】 実施の形態3で補正の対象とされるレイアウトパターンに密度計算領域を重ねて表した図である。

【図13】 図12に示す補正後レイアウトパターンの 20 データを用いて作成されるマスク描画データである。

【図14】 図13に示すマスク描画データを用いて形

成される金属配線の1例を示す図である。

【図15】 従来の補正装置において補正の対象とされるレイアウトパターンを示す図である。

【図16】 従来の補正装置が補正対象辺として抽出する辺を示す図である。

【図17】 従来の補正装置により生成される補正パターンの一例を示す図である。

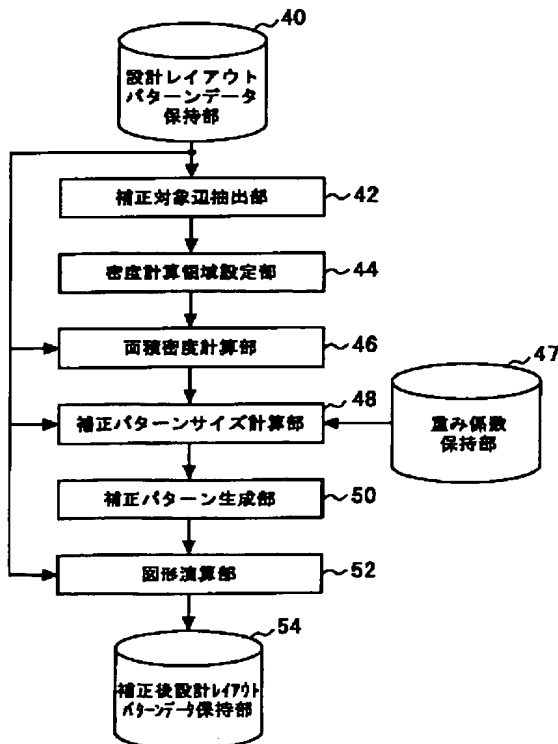
【図18】 従来の補正装置によって作成される補正済レイアウトパターンを示す図である。

【図19】 図18に示す補正済レイアウトパターンを用いて形成される金属配線の1例を示す図である。

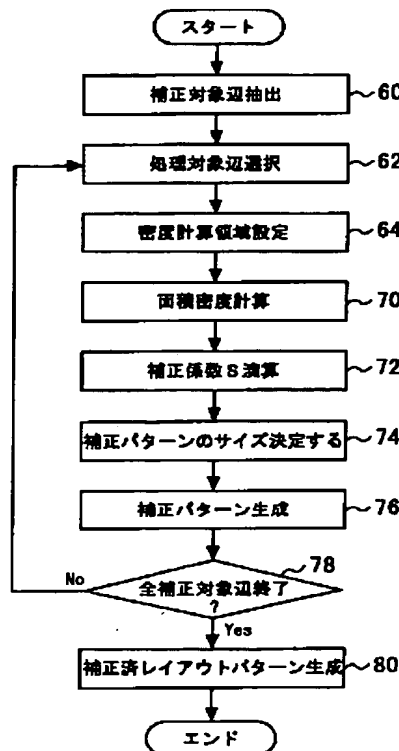
【符号の説明】

10 太線パターン、 12~18 細線パターン、
20~27; 112, 114 補正対象辺、 4
2 補正対象辺抽出部、 44 密度計算領域設定
部、 46 面積密度計算部、 48 補正パター
ンサイズ計算部、 50 補正パターン生成部、 52
図形演算部 66, 68 密度計算領域、 7
7, 82~88 補正パターン、 100~108;
124, 126; 100, 136~142 金属配線、
120, 122 切り欠き部 127 第2補正対象
辺。

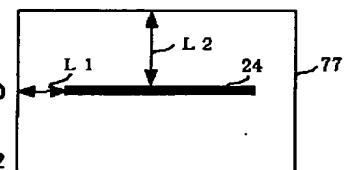
【図1】



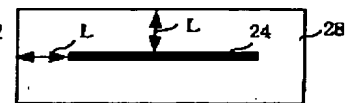
【図2】



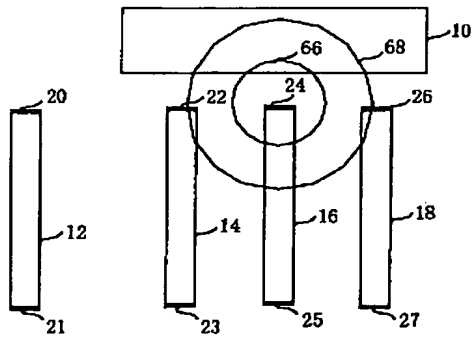
【図5】



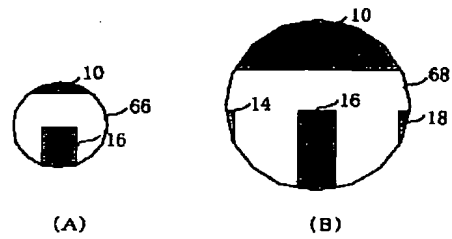
【図17】



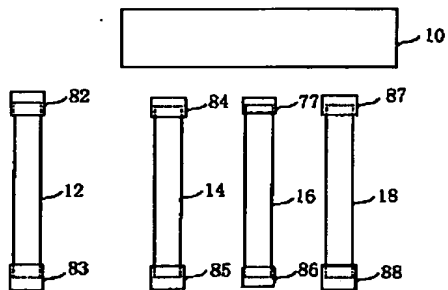
【図 3】



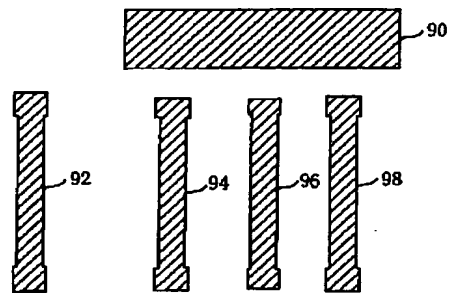
【図 4】



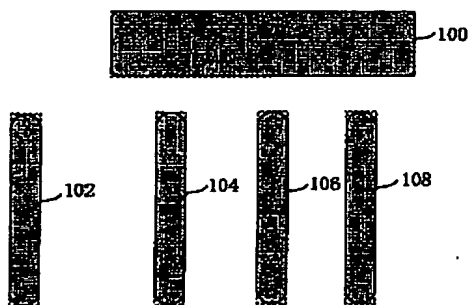
【図 6】



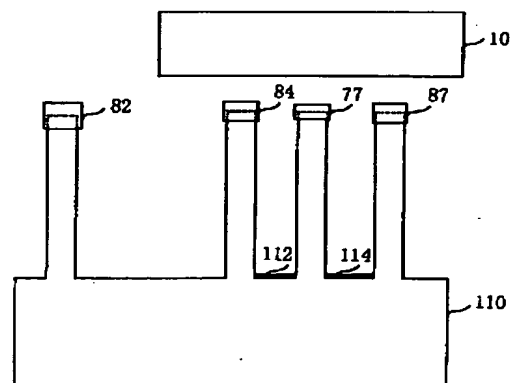
【図 7】



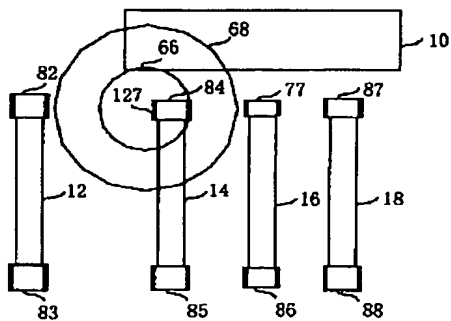
【図 8】



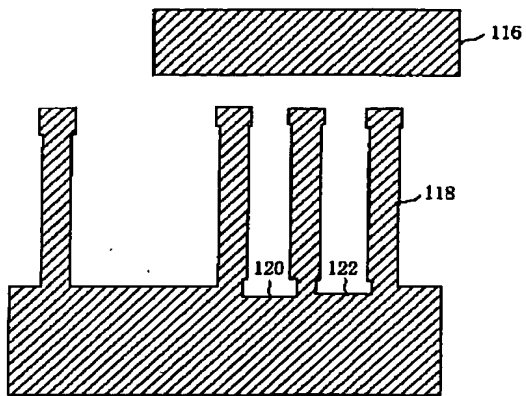
【図 9】



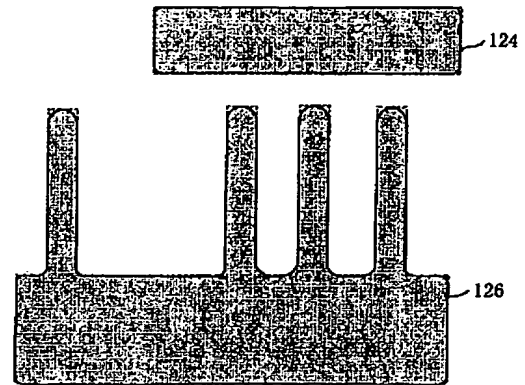
【図 12】



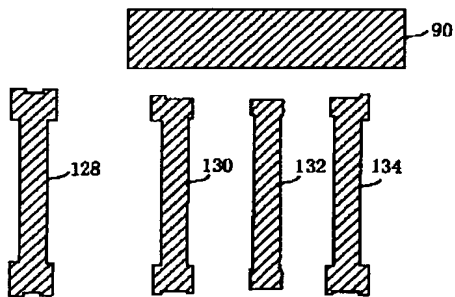
【図 10】



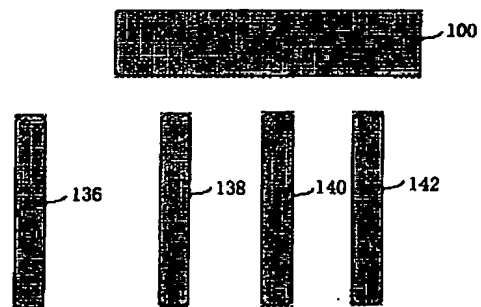
【図 11】



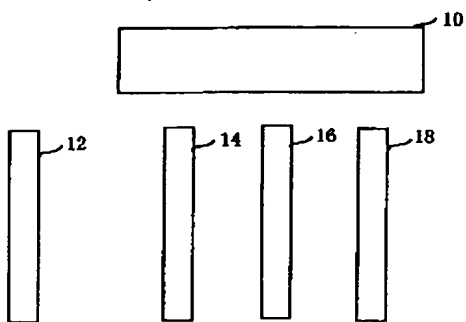
【図 13】



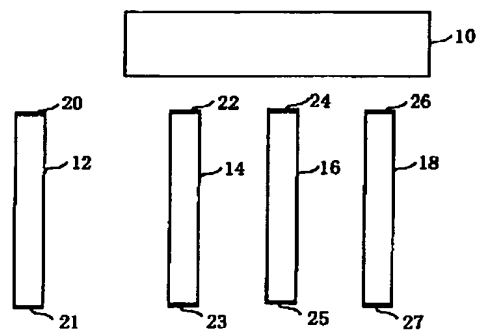
【図 14】



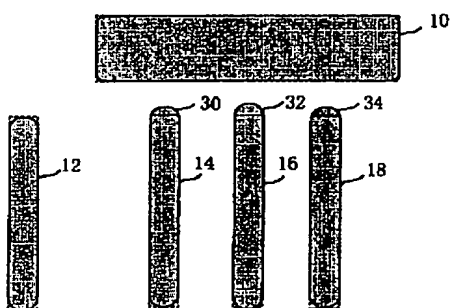
【図 15】



【図 16】



【図 19】



【図 1 8】

